

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-289347

(43)Date of publication of application : 18.10.1994

(51)Int.Cl.

G02F 1/035
G02B 6/12

(21)Application number : 05-076618

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 02.04.1993

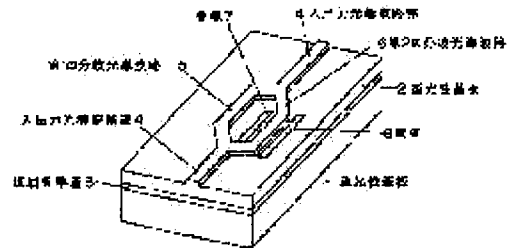
(72)Inventor : EDA KAZUO

(54) OPTICAL WAVEGUIDE ELEMENT AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce the loss of coupling with an optical fiber by directly joining light-transmissive substrates which have the same refractive index across a layer which has a lower refractive index and providing one of the substrates with an optical waveguide to which light is confined.

CONSTITUTION: The substrate 1 which transmits light and the substrate 2 which has the same refractive index with the substrate 1 and is low in light transmissivity are joined together directly across the low-refractive-index layer 3. Further, an input/output optical waveguide part 4 formed on the substrate 2, and one branch optical waveguide 4 and the other branch optical waveguide 6 that the input part branches into are provided and electrodes 7 and 8 are provided on both the sides of the branch optical waveguide 6. Then light which is made incident from the input part is split into two, the optical waveguide parts are made different in refractive index by electrooptic effect by applying an electric field to the optical waveguides to vary the propagation speed of guided light, and lights at a recoupling part are made different in phase, thereby modulating the intensity of the light of an output part. Here, silicon oxide is used for the low refractive index layer 3, which is made lower in refractive index than the substrates 1 and 2 to confine the light to one substrate.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(10)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-289347

(43)公開日 平成6年(1994)10月18日

(51)IntCl ³	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 2 F 1/035				
G 0 2 B 6/12	M	8106-2K		
	J	8106-2K		

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平5-76618

(22)出願日 平成5年(1993)4月2日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1000番地

(72)発明者 江田 和生

大阪府門真市大字門真1000番地 松下電器

産業株式会社内

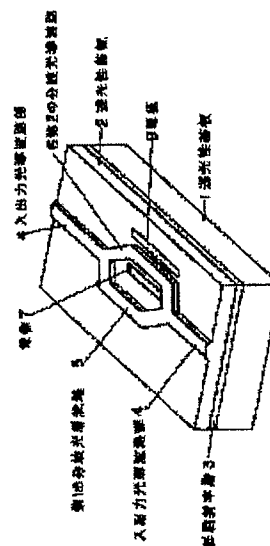
(74)代理人 弁理士 小堀治 明 (外2名)

(54)【発明の名称】 光導波路素子とその製造方法

(57)【要約】

【目的】 本発明は光通信などに用いる光変調器などの光導波路素子に関するもので、特に光ファイバーとの結合損失や伝搬損失の少ない光導波路素子の構造とその製造方法を提供することを目的とする。

【構成】 複数の屈折率の同じ誘電体透光性基板1、2を、前記誘電体透光性基板1、2よりも屈折率の低い層3を介して直接接合し、少なくともその一方の基板に光の閉じこめられた光導波路5、6を有するようにした構成からなる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の屈折率および熱膨張率の同じ誘電体透光性基板を、前記誘電体透光性基板よりも屈折率の低い層を介して直接接合し、少なくともその一方の基板に光の閉じこめられた光導波路を有することを特徴とする光導波路素子。

【請求項 2】誘電体透光性基板が電気光学効果を有する物質からなることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路素子。

【請求項 3】誘電体透光性基板がニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムからなることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路素子。

【請求項 4】接合部低屈折率層が、金属酸化物であることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路素子。

【請求項 5】接合部低屈折率層が、酸化珪素であることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路素子。

【請求項 6】接合部低屈折率層が、窒化珪素であることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路素子。

【請求項 7】接合部低屈折率層が、ガラスであることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路素子。

【請求項 8】接合部低屈折率層の厚みが、透光性基板に光が閉じこめられるに十分な厚み以上であることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の光導波路素子。

【請求項 9】複数の屈折率および熱膨張率の同じ誘電体透光性基板を、表面を平滑かつ清浄にし、少なくともその基板の一方の表面に、前記基板よりも屈折率の低い材料からなる層を形成し、両基板表面を親水処理および水処理した後、前記低屈折率層を介して重ね合わせて直接接合し、100℃以上で加熱することによって、直接接合強度を向上させた後、少なくとも一方の基板に光導波路を形成したことを特徴とする光導波路素子の製造方法。

【請求項 10】複数の屈折率および熱膨張率の同じ誘電体透光性基板を、表面を平滑かつ清浄にし、少なくともその基板の一方の表面に、前記基板よりも屈折率の低い材料からなる層を形成し、低屈折率層を介して両基板を重ね合わせて基板接合部に電圧を加えることにより直接接合した後、少なくとも一方の基板に光導波路を形成したことを特徴とする光導波路素子の製造方法。

【請求項 11】複数の屈折率および熱膨張率の同じ誘電体透光性基板を、表面を平滑かつ清浄にし、少なくともその基板の一方の表面に、前記基板よりも屈折率の低い材料からなる層を形成し、両基板表面を親水処理および水処理した後、前記低屈折率層を介して重ね合わせて直接接合し、基板接合部に電圧を加えることによって、直接接合強度を向上させた後、少なくとも一方の基板に光導波路を形成したことを特徴とする光導波路素子の製造方法。

【請求項 12】複数の屈折率および熱膨張率の同じ透光性基板を、表面を平滑かつ清浄にし、少なくともその基板の一方の表面に、前記基板よりも屈折率の低い材料からなる層を形成し、両基板表面を親水処理および水処理した後、前記低屈折率層を介して重ね合わせて直接接合し、基板接合部に電圧を加えることによって、直接接合強度を向上させた後、少なくとも一方の基板に光導波路を形成したことを特徴とする光導波路素子の製造方法。

【請求項 13】複数の屈折率および熱膨張率の同じ透光性基板を、表面を平滑かつ清浄にし、少なくともその基板の一方の表面に、前記基板よりも屈折率の低い材料からなる層を形成し、両基板表面を親水処理および水処理した後、前記低屈折率層を介して重ね合わせて直接接合し、基板接合部に電圧を加えることによって、直接接合強度を向上させた後、少なくとも一方の基板に光導波路を形成したことを特徴とする光導波路素子の製造方法。

性基板を、表面を平滑かつ清浄にし、少なくともその基板の一方の表面に、前記基板よりも屈折率の低い材料からなる低融点ガラス層を形成し、該低融点ガラス層を介して重ね合わせ、熱処理により、前記低融点ガラス層の接着力によって接合した後、少なくとも一方の基板に光導波路を形成したことを特徴とする光導波路素子の製造方法。

【請求項 14】透光性基板が電気光学効果を有する物質からなることを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれかに記載の光導波路素子の製造方法。

【請求項 15】透光性基板がニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムからなることを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれかに記載の光導波路素子の製造方法。

【請求項 16】接合部低屈折率層が、金属酸化物であることを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれかに記載の光導波路素子の製造方法。

【請求項 17】接合部低屈折率層が、酸化珪素であることを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれかに記載の光導波路素子の製造方法。

【請求項 18】接合部低屈折率層が、窒化珪素であることを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれかに記載の光導波路素子の製造方法。

【請求項 19】接合部低屈折率層が、ガラスであることを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれかに記載の光導波路素子の製造方法。

【請求項 20】接合部低屈折率層の厚みが、透光性基板に光が閉じこめられるに十分な厚み以上であることを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれかに記載の光導波路素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光導波路を使った光強度変調、光スイッチング、偏波面制御、伝搬モード制御などを行う、各種光導波路素子の高性能化に関する構造とその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、光導波路素子、例えば、光変調器、光スイッチ、光偏波面制御素子、光伝搬モード制御素子などは、ニオブ酸リチウム (LiNbO₃) またはタンタル酸リチウム (LiTaO₃) などの電気光学効果を有する誘電体単結晶に、単一モード伝搬の光導波路を形成し、その形状を工夫するとともに、電極を適当な形で設け、電気光学効果により、光導波路通過光を制御して行っている。例えば、アール、アルフェルネス氏 (R. Alfarnes) による、“ウェイブガイド エレクトロoptic モジュレータ” アイ・イー・イー・イー トランザクションズ オンマイクロウェーブ アンド テクニクス、ボリューム エム・アイ・ティー・30、ナンバー 8、第 1121 頁-第 1137 頁 (1982 年)

["Waveguide Electrooptic Modulators" IEEE Transactions on Microwave and Techniques, Vol. MTT-30, No. 8, 1121-1137 (1982)] にはこのような各種光導波路素子の構成について記述してある。また光導波路の製造方法については、例えば、アイ、カミノウ氏 (I. Kamino

め)による。”オプティカル ウェイブガイド モデュレイターズ”アイ・イー・イー・イー トランザクシヨンス オン マイクロウェイブ アンド テクニークス、ボリウム エム・アイ・ディー・エス、ナンバー 1、第57頁-第70頁(1975年) (“Optical Waveguide Modulators” IEEE Transactions on Microwave and Techniques, Vol. MT-23, No. 1, 57-70(1975))にも記載されている。例えば、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムを高温で熱処理して、Liをアウト・ディフュース(out-diffuse)して屈折率を変化させたり、チタンなどの金属を蒸着し、高温で熱拡散することにより、拡散部分の屈折率を他の部分よりも少し高くすることによって、光を閉じこめるようにしている。チタン拡散を用いたマッハー・ゼンダー型光変調器の例は例えば、日本特許公開公報、特開昭63-261219号に記載してある。その他、所定部分に金属マスクをして、200から300℃の酸中でプロトンイオン交換を行い、屈折率を一部変え、光導波路を形成する方法なども知られている。しかし、アウト・ディフュージョン(out-diffusion)や熱拡散、表面からのイオン交換などのような製造方法は、いずれも表面からの拡散処理により光導波路を形成していることから、光導波路の断面形状が、拡散に従った形状になるため、色々不都合がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】大きな課題の一つに、光導波路と光ファイバーとの結合損失がある。光ファイバーの断面形状は円形であるのに対して、従来の光導波路の形状は、表面からの拡散によるため逆三角形に似た形状であり、かつ導波路の強度の最も強い部分が、表面近くにあるため、光ファイバーとの光結合があまりうまくいかず、そこで大きな損失を生じていた。光導波路素子では、光の結合損失の低減は極めて重要な課題となっている。

【0004】また拡散処理を行うことにより、拡散前よりも光伝播損失が増大するという課題もあった。チタン拡散光導波路の場合、通常数dB/cm程度の伝播損失が生ずる。伝播損失の低減も光導波路素子の大きな課題となっている。

【0005】また同じく拡散処理により光損傷が大きくなるという課題もあった。これは、強度の強い光ないしは短波長の光を拡散型光導波路に入れると、伝播損失が時間とともに増大するというものである。これはイオンの光導波路中への拡散により、光導波路中に電子のトラップが増大することによって考えられている。

【0006】拡散などの処理によらずに光導波路を形成する方法として、例えば前述のカミノウ氏(Kamine)の文献には、タンタル酸リチウムの上にニオブ酸リチウムを結晶成長させたり、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムの上に、スパッタリングにより、ニオブ酸リチウムの薄膜を形成して、その部分に光導波路を形成する

方法などが記述されている。また日本特許公開公報、特開昭52-23355号には、やはり、タンタル酸リチウムなどの基板の上にニオブ酸リチウムなどを塗布、気相、溶液などの各種方法によりエピタキシャル成長させて光導波路を形成する方法が記述されている。しかしこれらの各種薄膜結晶成長技術を用いた光導波路形成方法にもいくつかの問題点がある。第1に、エピタキシャル成長膜は成長速度や成長時に発生する結晶内の歪の問題から、5μm以上の膜厚を、実用的に得ることが困難であり生産性が非常に悪い。また5μm以下の薄膜では、光の閉じこめられている部分であるコア厚が約10μmある光ファイバーとの結合特性が悪くなる。

【0007】また結晶成長ができるためには結晶格子の間隔がほぼ同じでないと良好な単結晶薄膜が得られないという厳しい条件がある。そのため、タンタル酸リチウム基板上に、良好なニオブ酸リチウム結晶膜を形成することは極めて困難であり、そのため多くはニオブ・タンタル混晶膜の成長で行われている。ニオブ酸リチウムの場合、混晶膜よりも、純粋のニオブ酸リチウムの方が、光導波路特性全般に優れている。

【0008】また同種材料のエピタキシャル成長は可能であるが、結晶方位が同じとなるため、基板と成長させた薄膜の間に有効な屈折率差を得ることが困難であり、が一樣な基板となり、光導波路を形成できないなどの課題があった。

【0009】このような薄膜形成技術を用いた場合、その膜質が良好でなければ、仮に厚くつんでも、光伝播損失が大きくなったり、光損傷が大きくなるため好ましくない。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、屈折率の同じ透光性基板を、少なくとも2枚、前記透光性基板よりも屈折率の低い層を介して直接接合し、少なくともその一方の基板に光の閉じこめられた光導波路を有するように構成したものである。

【0011】

【作用】上記の構成とすることにより、光ファイバーとの結合損失が少く、伝播損失および光損傷の少ない光導波路素子が得られる。

【0012】

【実施例】以下本発明の実施例の光導波路素子、特に光変調器に適用した場合の構成とその製造方法について、図面を参照しながら説明する。

【0013】(実施例1)本実施例の構造の第1の例を図1および図2に示す。図1は、光変調器に適用した場合を示したもので、1は透光性の基板、2は基板1と同じ屈折率を有する透光性の薄い基板、3は、基板1および2の少なくとも一方の基板表面に形成された低屈折率層で、基板1および2を直接接合している。4は基板2に形成された入出力光導波路部、5は入力部から二つに

分岐されたうちの一方の分岐光導波路、6は他方の分岐光導波路、7および8は分岐光導波路6の両側に形成された電極である。図2はその中心部分の断面図で、図において、1、2、3、5、6、7、8の各構成要素の名称は、図1と同じである。分岐光導波路5、6は、断面頭の部分が台形となっており、いわゆるリッジ型光導波路の構造となっている。入出力光導波路4の断面形状も同じになっている。9は導波光伝播部を示したものである。光変調器の構成そのものは、いわゆるマッハーゼンダー型と呼ばれるもので、入力部より入射した光を、二つに分岐し、分岐した一方の光導波路に電界を加え、電気光学効果により、光導波路部の屈折率を変えて導波光の伝播速度を変え、再結合部での光の位相が異なるようにすることにより、出力部の光の強度を調整するようにしたものである。

【0014】透光性の基板として、大きな電気光学効果を有するニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウムを用いた。それぞれ屈折率は、常光に対して、2.29および2.18である。これらの屈折率は、結晶方位によっても微妙に異なる。本実施例では全く同一材料で同一結晶方位の材料同士を組み合せを用いた。また低屈折率層として酸化珪素または窒化珪素を用いた。それぞれ屈折率は約1.5および2.0である。基板に用いるニオブ酸リチウムおよびタンタル酸リチウムに対して、酸化珪素および窒化珪素は、ともに屈折率が十分小さいため、この低屈折率層の厚みはある程度以上厚くすることにより、一方の基板に光を閉じこめることができ、光導波路の形成が可能となる。具体的には、光導波路を形成する側の薄い方の基板2の厚みを7 μm 、基板1の厚みを400 μm 、低屈折率層3の厚みを2 μm とした。さらに基板2の光導波路形成部をいわゆるリッジ構造とすることにより、リッジ下部の部分の方が、その他の部分よりも実効的屈折率が大きくなるため、光はリッジ下部に閉じこめられ、それによりリッジ下部が光導波路として作用する構造とした。リッジ頭部でばりの高さは2 μm 、光導波路幅は7 μm 、分岐光導波路部の長さは2cm、光導波路部全体の長さは3cmとした。電極はアルミニウムを用いた。

【0015】この場合の導波路形状は、頭部が台形ないしは矩形であらば均一の屈折率からなることにより、導波光の中心は、光導波路の中心付近になり、かつ円形に近い形となる。入出力光導波路部断面も同じ形状であり、したがって、光ファイバーのコア部（直径約10 μm ）の円形光導波路部構造との結合効率は極めて良好となる。実際、光ファイバーとの結合損失は、屈折率の整合をとった接着材を用いて接着固定することにより、片面で0.5dB以下となった。従来のニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムを用いた拡散型光導波路を用いた場合、同様の接着固定方法で、結合損失は1.0dB以上であったことから大幅に改善された。

【0016】また光導波路として、イオン拡散処理を行わない純粋の単結晶としての光学特性を有する透光性基板を用いているため、光の伝播損失も極めて小さくすることができた。具体的には、いずれの組合せにおいても、0.5dB/cm以下の光導波路伝播損失が容易に得られ、この面でも特性が改善された。

【0017】また入射光の強度を0dBmから20dBmまで変えて、光損傷の様子をみたが、ほとんど光損傷は見られなかった。これは、拡散処理を行わずに光導波路を形成できるため、電子トラップの非常に少ない良好の単結晶基板が用いられることによる効果と考えられる。これにより光損傷の面からも改善の効果が見られた。光変調器としての性能は、従来のニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムを用いた拡散型光導波路で構成したものとほぼ同様の性能が得られた。なお測定は1.3 μm の波長で行った。

【0018】ここで直接接合について説明する。直接接合は有機物の接着剤を用いずに、無機材料同士を表面の分子間力、界面の静電気力などによって接合するものである。したがって接合する基板の熱膨張率が異なると、温度変化に対して接合部に歪が発生し、接合強度があまり大きくとれない。温度変化に対する信頼性に乏しいなどの懸念があった。したがって生産性がよく、信頼性の高い直接接合を行なおうとすると、接合する基板同士の熱膨張率が同じ方が好ましい。しかし一般に光導波路素子に用いられる単結晶誘電体や単結晶半導体は、材料間でその熱膨張率は大きく異なるし、また結晶方位によっても熱膨張率は微妙に変化する。したがって本実施例のように、同一材料で同一結晶方位の基板同士を組み合わせれば、熱膨張率をほぼ完全に同一にすることができるため、生産性、信頼性の高い直接接合の得られるものである。

【0019】なお、透光性基板として、ニオブ酸リチウムまたはタンタル酸リチウム以外に、他の透光性で電気光学効果を有する誘電体基板である、チタン酸バリウム（屈折率：2.4）、ニオブ酸カリウム（屈折率：2.2）、チタノリン酸カリウム（屈折率：1.7）などを用いても、低屈折率層を介して直接接合による光導波路を形成した場合、ほぼ同様の効果を得ることができる。また低屈折率誘電体材料として、酸化珪素または窒化珪素以外に、酸化亜鉛（屈折率：2.0）、酸化アルミニウム（屈折率：1.6）や酸化インジウム（屈折率：2.0）などの各種金属酸化物、また各種ソーダガラス（屈折率：約1.5）や光学ガラス（屈折率：1.5-1.8）を用いても、同様の構成と同様の効果が得られる。

【0020】（実施例2）本実施例の光導波路素子の製造方法の第1の例を示す。

【0021】まず鏡面研磨された屈折率および熱膨張率の同じ2枚の誘電体透光性基板の表面を、きわめて清浄

にし、その少なくとも一つの基板表面に、所定の厚みの酸化珪素または酸化珪素層を化学気相成長法（CVD）やスパッタリングなどによって形成した。その後それぞれの基板表面を、親水化処理した。具体的には、過酸化水素-アンモニア-水からなる溶液に浸すことによって行った。その後その表面を純水に浸すことによって、水精成成分を表面に付着させる水処理を行った後、すぐに一條に重ね合わせると、基板表面に吸着した水、水酸基、水素によって、容易に直接接合が得られた。この状態で、100℃以上の温度で熱処理を行うと、その接合は更に強化された。次に、光導波路を形成しようとする側の基板を、機械的研磨およびエッチングにより、薄板化していった。10から7μmまで薄板化した後、薄板化した方の基板上にホトリソグラフィ技術により、実施例1で示した光導波路構造のパターンにエッチングマスクを形成し、エッチングにより、光導波路部以外を2μmエッチング除去した。マスクとしてはクロム-金を用いた。エッチング液としては、弗酸系エッチング液を用いた。その後マスクを除去し、電極を通常のホトリソグラフィとエッチング技術により形成した。これにより実施例1に示す光導波路素子の構造を得た。

【0022】この素子の光ファイバーとの結合特性、伝搬損失、光損傷特性は、いずれも実施例1で述べた通りである。

【0023】（実施例3）本実施例の光導波路素子の製造方法の第2の例を示す。

【0024】実施例2と同様にして、少なくとも一方の基板表面に低屈折率層を有する誘電体透光性基板を作成した。その後両基板を重ね合わせて、100から2000Vの直流電圧を加えると、直接接合が得られた。その時基板を加熱すると直接接合がより短時間で可能となった。いずれにしても実施例2で示した方法よりも、より低温で直接接合強度を強化することができた。その後、実施例2で示したと同一の処理を行うことにより、実施例1に示す構造の光導波路素子を得た。これらの素子の特性は実施例1に述べた通りである。

【0025】（実施例4）本実施例の光導波路素子の製造方法の第3の例を示す。

【0026】実施例2と同様にして、少なくとも一方の基板表面に低屈折率層を有する誘電体透光性基板を作成し、その表面を親水化処理および水処理をして、重ね合わせることで、基板同士を直接接合した。その後両基板の接合部分に、実施例2と同様にして、100から2000Vの直流電圧を加えると、直接接合が強化された。この場合実施例3で示したよりもより強い接合強度がより低温で得られた。その後実施例2で示したと同一の処理を行うことにより、実施例1に示す構造の光導波路素子を得た。これらの素子の特性は実施例1に述べた通りである。

【0027】（実施例5）本実施例の光導波路素子の製

造方法の第4の例を示す。

【0028】透光性基板の少なくとも一方の表面に、それよりも屈折率の低い低融点ガラス材料からなる層をスパッタリングなどにより形成した。次にその低融点ガラス層を介して重ね合わせ、その低融点ガラスの融点近傍に加熱することにより、基板同士を直接接合した。その後実施例2で示したと同一の処理を行うことにより、実施例1に示す構造の光導波路素子を得た。これらの素子の特性は実施例1に述べた通りである。

【0029】ガラスによる接合は、熱処理温度として、用いた低融点ガラスの融点以上にすれば容易に溶融接合するが、そこまで温度を上げなくても、用いるガラスの軟化点近傍で保持しても接合した。その場合には、ガラス層の形成時の膜厚がほぼ保たれた。融点以上で熱処理すると、一般に、当初の膜厚よりも薄くなったがとくに悪影響はなかった。ガラスとして、融点が300℃のものから800℃のものまで用いたが、その融点に合わせて適当な温度、すなわち軟化点以上の温度で熱処理することにより、良好な特性が得られた。

【0030】上記各実施例1から5の場合、いずれも基板同士の熱膨張率が全く同じであることから、接合強度向上のための熱処理温度を、より高温でより容易に行うことができる。その場合、薄板化のための加工を、強度の研磨などで行っても、剥離がない、あるいは光導波路素子として、より高温まで安定に動作するなどの効果が得られた。

【0031】実施例2及び4で示した親水化および水処理による直接接合は、それぞれの基板表面に水中の水、水酸基、水素などが表面吸着し、そのイオンの結合力で接合したと考えられる。この状態で熱処理を行うと、接合界面から次第に水が抜け、水酸基の水素や直接吸着していた水素が抜け、残された酸素と誘電体透光性誘電体基板表面の元素が反応して、接合が強化されると考えられる。

【0032】実施例3および4で示した接合界面に直流電圧を加える直接接合法では、接合界面でイオンの移動がおこり、その静電的な力で接合が行われると考えられる。

【0033】いずれの実施例においても、代表的寸法について記述したが、良好な光導波路が形成される範囲であれば、とくにこれに限定されるものではない。

【0034】また実施例ではマッハーゼンダー構成の光変調器の例で説明したが、光変調器としてこの構造に限定されるものではなく、光導波路を利用した構造であれば同様に適用できることは原理的に明かである。また光変調器の構造において、スイッチング的に変調すれば光スイッチとして使用できることも明かである。また光導波路導波光を各種手段により制御することにより実現できる光導波路素子、例えば光偏波面制御素子、光伝搬モード制御素子、光位相整合制御などにも適用できるこ

とは明らかである。

【0035】また本実施例では、2枚の誘電体透光性基板の一方にのみ光導波路素子を形成したが、両基板に光導波路素子を形成することも可能である。また3枚以上の誘電体透光性基板を直接接合し、それぞれに光導波路素子を形成することも可能である。

【0036】

【発明の効果】本発明は、以上説明したような構成と製造方法から成るので、以下に記載されるような効果を示す。

【0037】光導波路として、均一層状の構造が得られることから、光導波路断面形状の対称性が良く、また光の伝搬中心をほぼ基板中央にすることができ、またその厚みを自在にでき、それにより光ファイバーとの結合損失を大幅に低減できる。

【0038】また光導波路として、材料組成の選択自由度が大きいため、例えば拡散処理していない良好の単結晶誘電体基板を用いることができるため、光伝搬損失が少なく、また光損傷の少ない光導波路素子を得ることができる。

【0039】また同一物質からなる接合なので、熱膨張

率が全く同じであることから、直接接合の生産性、信頼性を高められ、また高温まで特性が安定であるなどの効果がある。

【0040】本実施例では、光変調器の構成の例を示したが、本実施例の特徴が光導波路の構成そのものにあることから、基本的には光導波路を用いた各種光導波路素子に広く一般的に適用できるものであり、光変調器に限らず、光スイッチ、偏波面制御、伝搬モード制御、光の位相整合制御などの光導波路素子に適用できるものである。

【図面の簡単な説明】

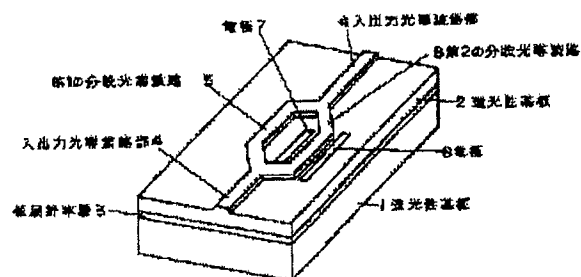
【図1】本発明の第1の実施例の構成図

【図2】本発明の第1の実施例の断面図

【符号の説明】

- 1、2 透光性基板
- 3 低屈折率層
- 4 入出力光導波路部
- 5 第1の分岐光導波路
- 6 第2の分岐光導波路
- 7、8 電極
- 9 導波光伝搬部

【図1】



【図2】

